جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔ سی و هشتم، تابستان ۱٤۰۰

صص ۱٤٦- ۱۲۹

: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.69365.1032

مقاله پژوهشی

تاب‌آوری مجموعه‌های شهری از طریق مکان‌یابی و رتبه‌بندی ایستگاه‌های آتش‌نشانی (مورد پژوهی: منطقه ۱۰ تهران)

روح‌الله معمارزاده - پژوهشگر دکتری شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران.

لعلا جهانشاهلو[۱] - استادیار دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

فرهاد حسین زاده لطفی- استاد دانشکده ریاضی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

عاطفه دهقان توران پشتی- استادیار دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۳ تاریخ بازنگری: ۱٤۰۰/۲/۲٦ تاریخ تصویب: ۱٤۰۰/۲/۳۰

چکیده

تاب‌آوری میزان مقاومت سیستم‌ها و توانایی آن‌ها در تحمل تغییر و ظرفیت برگشت به تعادل پس از سانحه است. ازجمله شاخص‌های ابعاد اجتماعی و سازمانی و نهادی تاب‌آوری، سرعت پاسخگویی به‌موقع است. ایستگاه‌های آتش‌نشانی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مراکز خدمات‌رسانی در شرایط بحرانی با افزایش سرعت خدمات‌رسانی و پاسخگویی نقش مؤثری در افزایش ایمنی و تاب‌آوری دارند. در این پژوهش که با هدف افزایش سرعت پاسخگویی حین بحران از طریق مکان‌یابی و رتبه‌بندی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در منطقه ۱۰ تهران صورت گرفته است، از دوازده شاخص جهت رتبه‌بندی یازده ایستگاه پیشنهادی استفاده شده است. روش پژوهش توصیفی-تحلیلی با هدف کاربردی است و از روش تاپسیس فازی جهت اولویت‌بندی مکان پیشنهادی ایستگاه‌ها استفاده شده است. نظرات خبرگان آتش‌نشانی نشان می‌دهد از میان معیارهای مورداستفاده، معیارهای دسترسی، همجواری و ترافیک بیشترین میزان اهمیت را دارا می‌باشند و نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد ایستگاه حائز رتبه اول در معیارهای فوق بیشینه مقدار و ایستگاه رتبه آخر دارای کمترین مقدار در معیار عرض معبر بوده است و به دلیل قرارگیری بر روی مرز محدوده موردبررسی و در نتیجه داشتن مقادیر کم در معیارهای با اهمیت از منظر خبرگان، رتبه آخر را کسب نموده است. همچنین نتایج رتبه‌بندی نشان می‌دهد ایستگاه ۸۵ آتش‌نشانی (ایستگاه موجود) در نقطه استقرار مناسبی قرار دارد اما ایستگاه ۸ آتش‌نشانی (ایستگاه موجود) در مکان بهینه استقرار ندارد

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۳۷۸۸۷۵۸ Email: laala_jahan@yahoo.com

که این امر بر ایمنی مناطق تحت پوشش و کاهش سرعت پاسخگویی و در نتیجه کاهش تاب‌آوری اثرگذار است.

کلیدواژه‌ها: تاب‌آوری، مکان‌یابی و رتبه‌بندی، ایستگاه آتش‌نشانی، تاپسیس فازی، منطقه ده تهران.

۱- مقدمه

کشور ایران، یکی از کشورهای حادثه‌خیز دنیا به شمار می‌رود. وقوع بلایای طبیعی در کشور باعث شده که ایران جزء ده کشور نخست جهان در زمینه بلاخیزی باشد (بوزرجمهری, جوانی و کاتبی ١٣٩٤). ایجاد مراکز ایمنی یکی از راه‌های حفظ جان و مال شهروندان است و توزیع مکانی مناسب این مراکز در سطح شهر ضرورت دارد. در واقع با مکان گزینی بهینه ایستگاه‌های خدمات اضطراری مثل آتش‌نشانی، مراکز پلیس و اورژانس حفظ جان و مال مردم در سطح شهر در مواقع اضطراری میسر خواهد شد (اجزاء شکوهی, شایان و درودی ١٣٩٣). یکی از اصول حاکم در نظریه‌های مکان گزینی، تعیین مکان بهینه بر مبنای حداقل هزینه است؛ یعنی مکانی که بیشترین سود را از کاهش هزینه عاید می‌کند (پاپلی یزدی و رجبی سناجردی ١٣٨٩). یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در کارایی خدمات آتش‌نشانی در شهرها، سرعت پاسخگویی به‌موقع است. این موضوع یکی از شاخص‌های بعد اجتماعی و بعد سازمانی و نهادی تاب‌آوری است. این پژوهش با رویکرد مکان گزینی به موضوع تاب‌آوری می‌پردازد و می‌کوشد تا با به‌گزینی مکان ایستگاه‌های خدمات اضطراری و به‌صورت خاص ایستگاه‌های آتش‌نشانی در منطقه ده تهران شرایط را برای افزایش ظرفیت «برگشت به تعادل» پس از سانحه که یکی از تعاریف تاب‌آوری است هموار نماید. جهت نیل به این هدف ١٢ معیار جهت مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی و ١١ ایستگاه جهت احداث ایستگاه پیشنهاد گردیده است. درنهایت موقعیت رتبه‌های برتر، با موقعیت ایستگاه‌های موجود در منطقه ١٠ تهران (ایستگاه‌های ٨ و ٨٥) مقایسه گردیده تا بهینگی موقعیت استقرار ایستگاه‌های موجود ارزیابی شود.

تفکر تاب‌آوری به اشکال گوناگونی تعریف شده و حلقه‌های مفهومی متعددی از آن نیز شکل گرفته است. در تعریفی که از سوی آلبرتی و دیگران (٢٠٠٣) صورت گرفته است، تاب‌آوری را درجه‌ای از سیستم که قادر است خطرات را جذب کرده و خودش را دوباره سازماندهی کند بیان نموده است. تاب‌آوری ترکیبی از «جذب اختلالات و رسیدن به وضع تعادل»، «خود سازماندهی دوباره» و «افزایش ظرفیت یادگیری و سازگاری» است (قرایی, مثنوی و حاجی بنده ١٣٩٦). کاتر[1] و همکاران (٢٠١٠) تاب‌آوری را ظرفیت جذب و عملکردهای اساسی و ویژه در طی سوانح و نیز ظرفیت بازیابی «برگشت به تعادل» پس از سانحه، تعریف می‌کنند (رضایی, سرایی و بسطامی نیا ١٣٩٥).

ایستگاه‌های آتش‌نشانی ازجمله مراکز مهم و حیاتی خدمات‌رسانی در شهرها هستند. خدمات‌رسانی به‌موقع این ایستگاه‌ها بیش از هر چیز مستلزم استقرار آن‌ها در مکان‌های مناسب است که بتوانند در اسرع وقت و بدون مواجه

1 Cutter

شدن با موانع و محدودیت‌های محیط شهری و با ایجاد کمترین آثار منفی بر ساکنان شهر به محل حادثه برسند و اقدامات امداد را به انجام برسانند (شیری و شمس ۱۳۹۵). آیین کار ضوابط مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهری (استاندارد ٦٤٣٠) ایستگاه‌های آتش‌نشانی را به سه دسته بزرگ (مادر)، متوسط و کوچک تقسیم‌بندی می‌کند (آیین کار ضوابط مکان یابی ایستگاههای آتش نشانی شهری ۱۳۸۰). بر اساس استاندارد جهانی مدت‌زمان رسیدن خودروهای آتش‌نشانی به محل وقوع حریق ۳ دقیقه می‌باشد. این زمان در ایران ۵ دقیقه می‌باشد (حیدری و جودکی ۱۳۹۸). سیاست کلی ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی در ایران سیاستی بدون برنامه خاص و مدون بوده است به‌گونه‌ای که برای ایجاد هر ایستگاه در محدوده‌های شهری مهم‌ترین اصل، خالی بودن زمین، بدون مالک بودن آن و یا عوامل دیگری است که به‌موجب آن‌ها بایستی زمین ارزشی نداشته باشد که این امر بر مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در سطح شهرها تأثیرگذار بوده است (ایمانی جاجرمی ۱۳۷۵). پژوهشگرانی چون فقهی فرهمند و حاجی کریمی (۱۳۸۹)، اجزاء شکوهی و همکاران (۱۳۹۲)، رهنما و آفتاب (۱۳۹۳)، وارثی و همکاران (۱۳۹٤)، شیری و شمس (۱۳۹۵)، معمارزاده و همکاران (۱۳۹۹)، رُز (۲۰۰۷)، کانن و همکاران (۲۰۱۰)، زنجیرانی و همکاران (۲۰۱۰)، پرز و همکاران (۲۰۱۵)، ابراهیمی و میرزایی مدام (۲۰۱٦) در خصوص مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شاخص‌هایی را ارائه داده‌اند.

۲- روش تحقیق

این پژوهش با رویکرد عملیاتی و اجرایی به موضوع مکان‌یابی و رتبه‌بندی ایستگاه‌های آتش‌نشانی می‌پردازد و با شناخت و تبیین عوامل مؤثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی امکان توسعه ایستگاه‌ها را با اولویت به‌گزینی برای برنامه ریزان و مدیران شهری فراهم می‌آورد. ضمن اینکه مبنای این فرآیند را تاب‌آوری و تأکید بر شاخص سرعت پاسخگویی به‌موقع قرار می‌دهد. روش پژوهش توصیفی-تحلیلی با هدف کاربردی است. برای شناسایی عوامل مؤثر بر مکان‌یابی از نظرگاه خبرگان و استانداردهای موجود استفاده شده است، سپس از روش تاپسیس فازی جهت اولویت‌بندی مکان پیشنهادی ایستگاه‌ها استفاده شده است. با توجه به ماهیت پژوهش از روش تحقیق کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شده است. بر این اساس اطلاعات و داده‌ها از طریق دستورالعمل‌ها و استانداردهای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی و مقالات علمی محققین و تجربیات جهانی و تجربیات خبرگان آتش‌نشانی تدوین و شاخص‌های لازم جمع آوری شده است و سپس با استفاده از روش تاپسیس فازی و با در نظر گرفتن شاخص‌ها به‌صورت دقیق و فازی، اولویت‌بندی ایستگاه‌های مکان‌یابی شده موردبررسی قرار گرفته است. جامعه آماری پرسش شوندگان ٦٧ نفر از خبرگان و کارشناسان آتش‌نشانی و شهرسازی بوده‌اند که از آن جمله می‌توان کارشناسان با تجربه شاغل در ایستگاه‌های مختلف آتش‌نشانی تهران (شامل ایستگاه‌های موجود در محدوده موردپژوهش و دیگر

ایستگاه‌ها) را نام برد. این تعداد بر اساس تعداد خبرگان شاغل در ایستگاه‌های تحت پوشش محدوده موردپژوهش و به تعداد ۹٤ نفر با توجه به فرمول کوکران و با سطح اطمینان ۹۵ درصد تعیین گردیده است.

۳- داده‌ها و روش کار

۳-۱- تکنیک تاپسیس فازی

تکنیک شباهت به گزینه ایدآل[1] که به‌اختصار روش تاپسیس[2] نامیده می‌شود، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که برای ارزیابی و رتبه‌بندی مورداستفاده قرار می‌گیرد. این تکنیک از معیارهای کمی و کیفی به‌طور توأمان برای ارزیابی و رتبه‌بندی بهره می‌گیرد و یکی از مزایای بارز آن تصمیم‌گیری، متمایز ساختن و اهمیت دادن به معیارها بر اساس معیارهای مثبت و منفی است (کلانتری ۱۳۹۱). در این روش برای تعیین وزن معیارها و رتبه‌بندی گزینه‌ها از مقادیر دقیق و معین استفاده می‌شود. در بسیاری از مواقع تفکرات انسان با عدم قطعیت همراه است و این عدم قطعیت در تصمیم‌گیری تأثیرگذار است. در این موارد بهتر است از روش تصمیم‌گیری فازی[3] استفاده شود. در روش شباهت به گزینه ایدآل فازی[4] ماتریس تصمیم‌گیری یا وزن معیارها و یا هر دو آن‌ها توسط متغیرهای زبانی که توسط اعداد فازی ارائه شده‌اند، ارزیابی شده و بدین ترتیب بر مشکلات روش شباهت به گزینه ایدآل کلاسیک غلبه شده است (عطایی ۱۳۹٤). مراحل این تکنیک عبارتست از:

۱- ساختن ماتریس تصمیم فازی ۲- بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم فازی ۳- اعمال وزن ٤- تعریف ایدآل مثبت و منفی فازی ۵- فاصله از ایدآل‌ها ٦- محاسبه مقیاس رتبه ۷- رتبه‌بندی. در ادامه هریک از مراحل این تکنیک بیان می‌گردد:

۱- ساختن ماتریس تصمیم

۲- بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم

اگر ماتریس تصمیم فازی بی مقیاس $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]$ باشد، داریم:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right)$$

که در آن برای معیارهای مثبت

$$c_j^* = \max_i \left\{c_{ij}\right\}$$

همچنین

1 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
2 TOPSIS
3 Fussy
4 FTOPSIS

$$\tilde{r}_{ij} = (\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}})$$

که در آن برای معیارهای منفی

$$c_j^- = \min_i \{a_{ij}\}$$

۳- وزن دهی به ماتریس تصمیم فازی بی مقیاس شده

مقدار ماتریس تصمیم فازی بی مقیاس شده با $\tilde{V}_{ij} = (\tilde{v}_{ij})$ نمایش داده می‌شود که از طریق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times w_j$$

٤- محاسبه راه‌حل ایدآل مثبت و منفی فازی

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, ..., \tilde{v}_n^*)$$

که در آن

$$v_j^* = \max_i \{v_{ij3}\}$$

و

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, ..., \tilde{v}_n^-)$$

که در آن

$$v_j^- = \min_i \{v_{ij1}\}$$

۵- محاسبه فاصله از راه‌حل ایدآل مثبت و منفی فازی

$$d_i^* = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*)$$

و

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)$$

مقدار d عبارتست از فاصله بین دو عدد فازی که مقدار آن برای دو عدد فازی مثلثی $(\tilde{x} = (a_1, b_1, c_1)$ و $\tilde{y} = (a_2, b_2, c_2)$ به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$d(\tilde{x}, \tilde{y}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2]}$$

٦- محاسبه نزدیکی گزینه‌ها با جواب ایدآل

شاخص نزدیکی گزینه‌ها با جواب ایدآل از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$cc_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^*}$$

۷- رتبه‌بندی گزینه‌ها

با توجه به میزان شاخص نزدیکی گزینه‌ها، گزینه‌ها رتبه‌بندی می‌شوند.

۳-۲- آنتروپی شانون[1]

آنتروپی یک مفهوم عمده در علوم فیزیکی، علوم اجتماعی و تئوری اطلاعات می‌باشد. به‌طوری‌که نشان دهنده مقدار عدم اطمینان موجود از محتوای مورد انتظار اطلاعاتی از یک پیام است. آنتروپی در تئوری اطلاعات معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط یک توزیع احتمال گسسته (P_i) (اصغر پور ۱۳۹٤). آنتروپی شانون روشی شناخته شده برای به دست آوردن وزن در یک مسئله MADM است. مخصوصاً زمانی که به دست آوردن وزن مناسب بر اساس اولویت‌ها و تصمیم خبرگان امکان‌پذیر نباشد (حسین زاده لطفی و فلاح نژاد[2]، ۲۰۱۰). اندازه‌گیری این عدم اطمینان به‌وسیله شانون به‌صورت زیر بیان شده است (آذر ۱۳۹٦):

$$E_i = S(P_1, P_2, ..., P_n) = -K\sum_{i=1}^{n} P_i \ln P_i \qquad i = 1, 2, ..., m$$

K: مقدار ثابت

در ماتریس تصمیم‌گیری P_{ij} که دارای m گزینه و n معیار است، داریم:

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}}; \qquad j = 1, ..., n \qquad \forall i, j$$

آنتروپی E_j به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E_j = -K\sum_{i=1}^{m} p_{ij} \ln p_{ij}; \qquad \forall j$$

K مقداری ثابت است و به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$K = \frac{1}{\ln_m}$$

که مقدار E_j را بین صفر و یک نگه می‌دارد. سپس مقدار d_j (درجه انحراف) محاسبه می‌شود که بیان می‌کند شاخص مربوطه (j) چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم‌گیری در اختیار تصمیم گیرنده قرار می‌دهد.

$$d_j = 1 - E_j; \qquad \forall j$$

حال مقدار وزن W_j محاسبه می‌گردد که در آن بهترین وزن انتخاب می‌شود:

1 Shannon Entropy
2 Hosseinzadeh Lotfi, Fallahnejad (2010)

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j}; \quad \forall j$$

اگر تصمیم گیرنده از قبل وزن خاصی (λ_j) را برای هر معیار j در نظر گرفته باشد، در این صورت وزن جدید W_j به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$W_j = \frac{\lambda_j W_j}{\sum_{j=1}^{n} \lambda_j W_j}; \quad \forall j$$

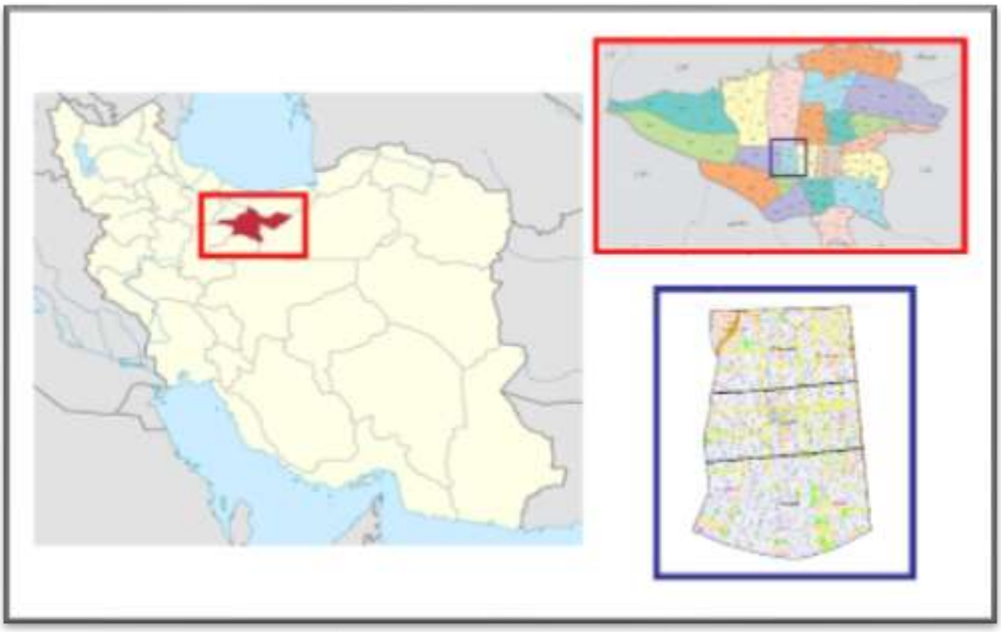
۳-۳- معیارهای مکان‌یابی و رتبه‌بندی

در این پژوهش از ۱۲ معیار جهت رتبه‌بندی ایستگاه‌های آتش‌نشانی استفاده شده است. بخشی از این معیارها مستخرج از استاندارد ٦٤٣٠ و بخشی دیگر محصول نظر خبرگان آتش‌نشانی است. این معیارها عبارتند از: ملاحظات ژئو تکنیکی، قیمت زمین، دسترسی، تعداد حریق و حوادث گذشته، شعاع عملکرد مفید، ترافیک، جمعیت، هزینه احداث ایستگاه، همجواری و کاربری، تراکم، اندازه قطعه زمین، ناپایداری (فرسودگی)، کاربری‌های آتش زا در محدوده (معمارزاده و همکاران، ۱۳۹۹). در این پژوهش در مدل‌سازی، به‌جای استفاده از فرسودگی، از شاخص ناپایداری (که یکی از معیارهای فرسودگی است) استفاده گردیده است. بررسی آراء صاحب‌نظران در خصوص معیارهای تعیین کننده فرسودگی بافت‌های شهری نشان می‌دهد اختلاف‌نظرهای بسیاری در این خصوص وجود دارد و معیارهای ارائه شده فوق مورد نقد صاحب‌نظران این حوزه است. چون مبنای این پژوهش استفاده از میزان فرسودگی به‌عنوان یکی از شاخص‌ها و نه تحلیل آن بوده است، لذا صرفاً شاخص ناپایداری که به موضوع موردپژوهش ارتباط بیشتری داشته به‌عنوان شاخص موردبررسی در محاسبات مد نظر قرار گرفته است و محاسبات مربوطه توسط این معیار صورت پذیرفته است.

۳-٤- محدوده موردمطالعه

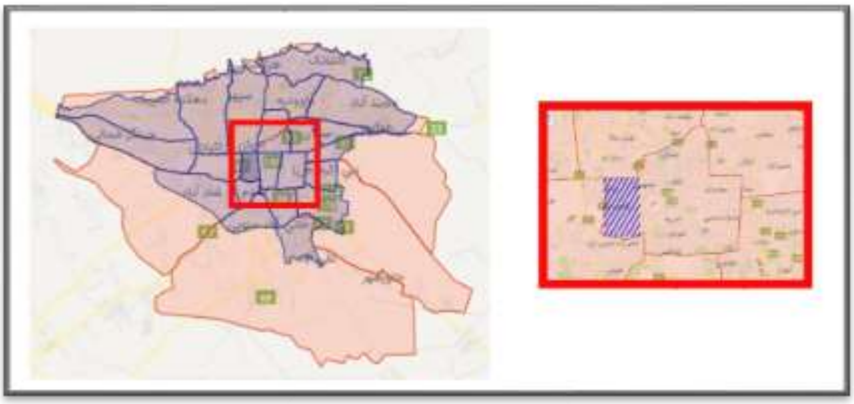
محدوده موردمطالعه در این پژوهش منطقه ۱۰ تهران است. این منطقه با ۸۱۷ هکتار مساحت ، کوچک‌ترین منطقه شهرداری تهران بعد از منطقه هفده محسوب می‌شود. جمعیت منطقه در حدود ۳۲۷ هزار نفر و با تراکم ناخالص جمعیتی حدود ۳۹۹ نفر در هر هکتار بوده که از این حیث، از پرتراکم‌ترین مناطق شهر تهران در بین مناطق ۲۲ گانه محسوب می‌شود. منطقه ده به لحاظ موقعیت جغرافیایی از شمال به خیابان آزادی، از جنوب به خیابان قزوین، از شرق به بزرگراه شهید نواب صفوی و از غرب به خیابان شهیدان منتهی می‌شود. منطقه ده ، در بخش غربی شهر تهران واقع و با مناطق ۲ (شمال)، ۹ (غرب)، ۱۷ (جنوب) و ۱۱ (شرق) همجوار می‌باشد و یکی از مناطق

قدیمی شهر تهران است که حدود یک قرن پیش شکل گرفته و تراکم بالای جمعیت، از ویژگی‌های بارز این منطقه به‌حساب می‌آید (https://region10.tehran.ir n.d.).



شکل ۱- موقعیت شهر تهران، مناطق و منطقه ۱۰ (مأخذ: نگارندگان)

سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی تهران دارای ۸ منطقه عملیاتی است که هر منطقه توسط تعدادی ایستگاه پوشش داده می‌شود. منطقه ۱۰ تهران به‌عنوان محدوده موردبررسی این پژوهش در منطقه ۵ عملیاتی آتش‌نشانی تهران قرار دارد. ایستگاه‌های موجود در منطقه ۱۰ شهرداری، ایستگاه‌های ۸ و ۸۵ می‌باشند. ایستگاه ۸ واقع در خیابان میمنت، جنب سازمان آتش‌نشانی تهران، و ایستگاه ۸۵ که در خیابان جیحون، حدفاصل خیابان مرتضوی و خیابان کمیل، نبش کوچه شهید انصاری قرار دارد.



شکل ۲- مناطق ۸ گانه عملیاتی آتش‌نشانی تهران و منطقه ۵ عملیاتی (مأخذ: نگارندگان)

۳-۵- مکان‌یابی ایستگاه‌ها در محدوده موردبررسی

جهت یافتن نقاطی که بتوان در آن‌ها ایستگاه خدمات اضطراری احداث نمود، ابتدا نیاز به بررسی محدوده موردبررسی است. شناخت منطقه و تحلیل ساختار محدوده از نظر دسترسی، بافت و مالکیت زمین، ازجمله عوامل مؤثر بر یافتن نقاط احداث ایستگاه است. در این پژوهش جهت یافتن مکانی که برای احداث ایستگاه‌های خدمات اضطراری مناسب باشد عوامل مالکیت زمین، دسترسی، بافت، قیمت زمین، ملاحظات سیاسی، همجواری، موقعیت نسبت به کاربری‌های آتش زا بررسی گردیده است. جهت محدوده موردپژوهش ۱۱ ایستگاه پیشنهاد شده است. این مکان‌ها با در نظر گرفتن استاندارد ٦٤٣٠ در خصوص عدم همجواری ایستگاه با مراکز خاص و دوم محدودیت‌های وجود زمین در منطقه ۱۰ شهرداری تهران پیشنهاد شده‌اند. ایستگاه‌های پیشنهادی از میان زمین‌هایی انتخاب شده‌اند که تا حد امکان از مراکز خاص اعلام شده در استاندارد فاصله داشته باشند، همچنین زمین‌های انتخابی عمدتاً انبار و یا کارگاه‌های موجود در محدوده موردبررسی هستند که فرسوده بوده و امکان خرید آن‌ها وجود دارد، همچنین از نظر مساحت نیازهای یک ایستگاه را تأمین نماید.



شکل ۳- موقعیت ایستگاه‌های پیشنهادی و ایستگاه‌های موجود در منطقه ۱۰ تهران (مأخذ: نگارندگان)

جدول (۱) مشخصات و محل استقرار ایستگاه‌های پیشنهادی را ارائه می‌دهد.

جدول ۱ – مشخصات ایستگاه‌های پیشنهادی، مأخذ: نگارندگان

ایستگاه	مختصات UTM		مساحت (مترمربع)	کاربری موجود
	Y	X		
ایستگاه پیشنهادی ۱	۳۹۵۰۳۸۹	۵۳۳۴۳۲	۷۰۰	زمین خالی
ایستگاه پیشنهادی ۲	۳۹۵۰۲۹۹	۵۳۲۴۳۱	۲۲۰۰	پارکینگ بهنود
ایستگاه پیشنهادی ۳	۳۹۴۹۵۲۳	۵۳۲۸۹۵	۴۷۰۰	گاراژ و انبار قدیمی
ایستگاه پیشنهادی ۴	۳۹۴۹۴۳۵	۵۳۳۸۰۴	۱۱۰۰	زمین خالی
ایستگاه پیشنهادی ۵	۳۹۴۸۵۲۱	۵۳۳۶۹۰	۶۰۰۰	گاراژ و انبار قدیمی
ایستگاه پیشنهادی ۶	۳۹۴۸۴۵۳	۵۳۲۶۱۸	۲۰۰۰	زمین خالی
ایستگاه پیشنهادی ۷	۳۹۴۸۰۳۱	۵۳۳۱۴۷	۱۴۰۰	زمین خالی
ایستگاه پیشنهادی ۸	۳۹۴۷۴۸۵	۵۳۲۲۹۱	۶۸۰۰	گاراژ و انبار قدیمی
ایستگاه پیشنهادی ۹	۳۹۴۷۱۹۷	۵۳۲۹۴۶	۲۸۰۰	گاراژ و انبار قدیمی
ایستگاه پیشنهادی ۱۰	۳۹۴۷۳۴۱	۵۳۴۰۷۳	۲۹۰۰	گاراژ و انبار قدیمی
ایستگاه پیشنهادی ۱۱	۳۹۴۷۷۱۰	۵۳۴۵۰۷	۹۸۰	–

جدول (۲) معیارها و گزینه‌های مورد اقدام در پژوهش و مقدار هرکدام را نشان می‌دهد. این جدول همان ماتریس تصمیم پژوهش می‌باشد.

جدول ۲- معیارهای مورداستفاده در پژوهش

معیارها	ملاحظات ژئو تکنیکی	دسترسی (متر)	شعاع عملکرد مفید	جمعیت	همجواری و کاربری	اندازه زمین (مترمربع)	قیمت زمین (تومان)	تعداد حریق و حوادث گذشته	ترافیک	هزینه‌های احداث (هر مترمربع به تومان)	تراکم	ناپایداری
وضعیت معیار	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	منفی	مثبت	منفی	منفی	مثبت	مثبت
ایستگاه پیشنهادی ۱	مناسب	۲۰	۸۰۰	۶۴۹۰۸	۱۶۳	۷۰۰	۱۱۰۰۰۰۰۰	۴۱۱/۲۳	زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰۳۹۷	۰/۰۰۴۸۶
ایستگاه پیشنهادی ۲	مناسب	۲۰	۸۰۰	۴۱۲۶۳	۱۴۰	۲۲۰۰	۱۱۵۰۰۰۰۰	۲۹۵/۰۸۱	زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰۳۵.	۰/۰۰۴۲۷
ایستگاه پیشنهادی ۳	مناسب	۱۶	۸۰۰	۹۳۰۱۵	۴۸	۴۷۰۰	۱۱۳۰۰۰۰۰	۵۴۸/۵۱۲	زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰۴۶۹	۰/۰۰۶۸۴
ایستگاه پیشنهادی ۴	مناسب	۲۰	۸۰۰	۸۹۵۷۹	۳۵	۱۱۰۰	۱۰۸۰۰۰۰۰	۵۱۹/۰۹۸	زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰۵	۰/۰۰۶۸۷
ایستگاه پیشنهادی ۵	مناسب	۳۰	۸۰۰	۹۶۹۹۰	۶۴	۶۰۰۰	۱۰۲۵۰۰۰۰	۶۴۰/۳۷۶	زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰۴۹	۰/۰۱۲۱
ایستگاه پیشنهادی ۶	مناسب	۴۵	۸۰۰	۷۹۳۷۴	۵۴۶	۲۰۰۰	۱۰۲۰۰۰۰۰	۵۴۹/۴۸۲	خیلی زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰۴۴	۰/۰۱۰۲۶
ایستگاه پیشنهادی ۷	مناسب	۱۶	۸۰۰	۹۸۹۵۸	۳۵۰	۱۴۰۰	۱۰۰۰۰۰۰۰	۶۶۹/۵۷۱	خیلی زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰۴۹۲	۰/۰۱۳۴۵
ایستگاه پیشنهادی ۸	مناسب	۴۵	۸۰۰	۴۱۰۷۶	۶۳	۶۸۰۰	۹۵۰۰۰۰۰	۳۴۳/۴۱۶	زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰۴۲۷	۰/۰۰۸۹
ایستگاه پیشنهادی ۹	مناسب	۴۵	۸۰۰	۴۹۴۸۲	۶۲	۲۸۰۰	۹۵۰۰۰۰۰	۴۴۴/۳۲۹	زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰۴۱۲	۰/۰۱۴۶

معیارها	ملاحظات ژئو تکنیکی	دسترسی (متر)	شعاع عملکرد مفید	جمعیت	همجواری و کاربری	اندازه زمین (مترمربع)	قیمت زمین (تومان)	تعداد حریق و حوادث گذشته	ترافیک	هزینه‌های احداث (هر مترمربع به تومان)	تراکم	ناپایداری
ایستگاه پیشنهادی ۱۰	مناسب	۴۵	۸۰۰	۳۱۴۶۵	۱۰۰	۲۹۰۰	۹۵۰۰۰۰۰	۴۳۲/۳۰۶	زیاد	۲۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۳۲۹	۰/۰۱۶۱
ایستگاه پیشنهادی ۱۱	مناسب	۱۰	۸۰۰	۲۸۵۲۱	۹۳	۹۸۰	مالکیت شهرداری	۳۴۶/۵۹	کم	۲۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۳۷۹	۰/۰۱۲۵

در این پژوهش از اعداد فازی مثلثی (a,b,c) استفاده شده است. جدول (۳) وضعیت معیارها را از نظر دقیق یا فازی و همچنین مثبت یا منفی بودن نشان می‌دهد.

جدول ۳- وضعیت معیارها

ردیف	معیار	وضعیت معیار	دقیق / فازی
۱	ملاحظات ژئوتکنیکی	مثبت	فازی
۲	عرض خیابان (دسترسی)	مثبت	دقیق
۳	شعاع عملکرد مفید	مثبت	دقیق
۴	جمعیت	مثبت	دقیق
۵	همجواری و کاربری‌ها	مثبت	دقیق
۶	اندازه قطعه زمین	مثبت	دقیق
۷	قیمت زمین	منفی	فازی
۸	تعداد حریق و حوادث گذشته	مثبت	دقیق
۹	ترافیک	منفی	فازی
۱۰	هزینه احداث ایستگاه	منفی	دقیق
۱۱	تراکم	مثبت	دقیق
۱۲	ناپایداری	مثبت	دقیق

برای ساختن ماتریس تصمیم فازی از متغیرهای زبانی زیر برای ارزیابی اهمیت معیارها استفاده شده است.

متغیر زبانی			عدد فازی متناظر
کاملاً مناسب	خیلی خوب	خیلی زیاد	(۱ و ۱ و ۰/۸۵)

متغیر زبانی			عدد فازی متناظر
مناسب	خوب	زیاد	(۰/۹ و ۰/۸ و ۰/٦٥)
بی تفاوت	متوسط	متوسط	(۰/۷ و ۰/۵ و ۰/۳)
نامناسب	ضعیف	کم	(۰/۳۵ و ۰/۲ و ۰/۱)
کاملاً نامناسب	خیلی ضعیف	خیلی کم	(۰/۱ و ۰ و ۰)

مطابق با روش تاپسیس فازی کلیه معیارها وزن دهی می‌شوند. جهت وزن دهی به معیارها با استفاده از نظر خبرگان و کارشناسان با تجربه شاغل در ایستگاه‌های مختلف آتش‌نشانی تهران (شامل ایستگاه‌های موجود در محدوده موردپژوهش و دیگر ایستگاه‌ها) استفاده گردید. در جدول (٤) میزان اهمیت معیارهای خبرگان محاسبه گردیده و وزن ارائه شده کارشناسان جهت انجام محاسبات تکنیک تاپسیس فازی تدوین شده است.

جدول ٤- محاسبه میزان اهمیت معیارها از نظر خبرگان

ردیف	معیار	میزان اهمیت					محاسبه	وزن پیشنهادی کارشناسان
		خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم		
۱	ملاحظات ژئوتکنیکی	۳۰	۲٤	۷	٤	۲	٤/۹٤٦٤	۰/۹٦٥۱
۲	عرض خیابان	۳۱	۲۷	۷	۱	۱	۵/۱۲۵	۱
۳	جمعیت	۱۵	۲۹	۱٤	٦	۰	٤/۳۷۵	۰/۸۵۳٦
٤	همجواری ها	۳۰	۲۳	۱٤	۰	۰	۵/۰۷۱٤	۰/۹۸۹۵
۵	اندازه قطعات	۲۲	۲۷	۱۲	۵	۱	٤/۷۳۲	۰/۹۲۳۳
٦	قیمت زمین	۱۱	۹	۱۵	۱٤	۱۷	۳/۲۳۲	۰/٦۳۰٦
۷	کاربری‌های آتش زا	۳۰	۲۰	۱۲	۱	۲	٤/۸۲۱	۰/۹٤۰۷
۸	تعداد حریق و حوادث گذشته	۲۲	۲۲	۱۸	٤	۱	٤/٦٦۱	۰/۹۰۹٤
۹	عوامل سیاسی	۸	۱۳	۲٤	۱۲	۹	۳/۵۱۸	۰/٦۸٦٤
۱۰	ترافیک	۳۸	۱۲	۹	٤	۳	٤/۹۲۸	۰/۹٦۱٦
۱۱	هزینه احداث	۱۰	۲۰	۱۲	۱۵	۱۰	۳/٦۷۸	۰/۷۱۷۸
۱۲	تراکم	۱۷	۲۲	۱۹	۸	۱	٤/٤۱۱	۰/۸٦۰٦
۱۳	ناپایداری	۲۵	۲٤	۹	۷	۲	٤/٤۱٤	۰/۹۱۹۸

در این پژوهش از روش آنتروپی شانون جهت ارزیابی وزن‌ها استفاده شده است و مقادیر حاصل از آن در جدول (۵) آمده است.

جدول ۵- مقادیر آنتروپی شانون

معیارها	ملاحظات ژئو تکنیکی	دسترسی	شعاع عملکرد مفید	جمعیت	همجواری و کاربری	اندازه زمین	قیمت زمین	حریق و حوادث گذشته	ترافیک	هزینه احداث	تراکم	ناپایداری
آنتروپی شانون	۰/۰۴۴	۰/۱۰۵۵	۰/ ۰۴۳۲	۰/۰۷۸	۰/۲۴۶۱	۰/۱۵۳۲	۰/۰۶۲۴	۰/۰۵۶۷	۰/۰۵۴	۰/۰۳۳	۰/۰۴۳۶	۰/۰۷۹۵

٤- بحث و تحلیل یافته‌های پژوهش

در این پژوهش مکان‌یابی و اولویت‌بندی ایستگاه‌های پیشنهادی آتش‌نشانی در منطقه ۱۰ تهران جهت نیل به شاخص سرعت پاسخگویی به‌موقع (که از شاخص‌های ابعاد اجتماعی و سازمانی و نهادی تاب‌آوری است) موردبررسی قرار گرفت. این شاخص جهت خدمات‌رسانی حین بحران و پس از بحران اهمیت بسیاری دارد. ایستگاه‌های آتش‌نشانی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مجموعه‌های خدمات اضطراری از طریق شاخص سرعت پاسخگویی به‌موقع می‌توانند نقش مؤثری در افزایش تاب‌آوری نواحی شهری داشته باشند. یازده گزینه دوازده معیار جهت رتبه‌بندی با تاپسیس فازی مورداستفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از رتبه‌بندی برای ایستگاه‌های پیشنهادی آتش‌نشانی در جدول (٦) تدوین یافته است.

جدول ٦- رتبه‌بندی با تکنیک تاپسیس فازی

شماره ایستگاه	d^*	d^-	CC	رتبه
ایستگاه پیشنهادی ۱	۰/۲۹۹٦٦	۰/۱۱۲۷۸۲	۰/۲۷۳٤٤۹	۸
ایستگاه پیشنهادی ۲	۰/۳۰۲۱۰۵	۰/۱۰۲٦۰٦	۰/۲۵۳۵۳	۹
ایستگاه پیشنهادی ۳	۰/۲٦۸۳۵۹	۰/۱۳۹۲۳۹	۰/۳٤۱٦۰۸	٦
ایستگاه پیشنهادی ٤	۰/۳۱۹۱۱۷	۰/۰۸۵۸۷۳	۰/۲۱۲۰۳٦	۱۰
ایستگاه پیشنهادی ٥	۰/۲۱٦٥۱۱	۰/۱۸٤۰۸٥	۰/٤٥۹٥۲۸	۳
ایستگاه پیشنهادی ٦	۰/۱۰۰۰۱٥	۰/۲۹۳٦۸۷	۰/۷٤٥۹٦۳	۱
ایستگاه پیشنهادی ۷	۰/۱۸٦۳۹٥	۰/۲۲۰۳۹۱	۰/٥٤۱۷۸٦	۲
ایستگاه پیشنهادی ۸	۰/۲۳۱۹۰۹	۰/۱٦۱٦۲۹	۰/٤۱۰۷۰۷	٤
ایستگاه پیشنهادی ۹	۰/۲٦٦٤۹۸	۰/۱۲۷۰٤	۰/۳۲۲۸۱٦	۷
ایستگاه پیشنهادی ۱۰	۰/۲٥۷۷۰۳	۰/۱۳٥۸۳٥	۰/۳٤٥۱٦۳	٥
ایستگاه پیشنهادی ۱۱	۰/۳٥۷۷۳٦	۰/۰٥۳۳۹۳	۰/۱۲۹۸٦۸	۱۱

از میان معیارهای مورداستفاده، معیارهای دسترسی (عرض خیابان)، همجواری و ترافیک بیشترین میـزان اهمیـت را دارا می‌باشند. منطقه ده تهران بدلیل تراکم زیـاد (پرتراکم‌تـرین منطقـه شـهر تهـران در بـین منـاطق ۲۲ گانـه) و اینکـه بخش‌هایی از آن دارای بافت فرسوده است، نیازمند توجه ویژه به ساختار شبکه ارتبـاطی و ترافیـک جهـت مکان‌یـابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی است. همچنین با توجه به وجود کـاربری‌هـای محـدود کننـده مثـل بیمارسـتان و مدرسـه در محدوده موردبررسی، عدم توجه به این محدودیت می‌تواند سرعت پاسخگویی را کاهش دهد. جهـت بررسـی نتـایج، مقادیر معیارهای همجواری، ترافیک، اندازه قطعات، ناپایداری و تعداد حریق و حوادث گذشته در ایسـتگاه‌های رتبـه ۲ و ۳ و ٤ با ایستگاه رتبه یک به‌عنوان ایستگاه مبنا موردبررسی قرار گرفته است. ایسـتگاه پیشـنهادی ٦ اولـین رتبـه را در اولویت‌بندی احداث ایستگاه بدست آورده است. همچنین ایستگاه ۱۱ به‌عنوان آخـرین ایسـتگاه در رتبه‌بنـدی بدسـت آمده است. جهت ارزیابی نتایج از امتیاز معیارهای خبرگان استفاده شده است. جهت ایـن امـر از معیارهـایی کـه امتیـاز بالای ۹۰ درصد داشته‌اند استفاده شده است. جـدول (۷) مقـدار معیارهـای بالـای ۹۰ درصـد کـه از نظـرات خبرگـان حاصل گردیده و معیار ارزیابی رتبه‌های حاصل از تکنیک تاپسیس در نظر گرفتـه شـده را نشـان مـی‌دهـد، کـه در آن ایستگاه‌های حائز رتبه اول تا چهارم و رتبه آخر جهت مقایسه آورده شده است.

جدول ۷– مقادیر معیارهای دارای امتیاز بالای ۹۰ درصد در ایستگاه‌های رتبه

رتبه	نام ایستگاه	دسترسی (۱۰۰ درصد)	همجواری (۹۹ درصد)	ترافیک (۹٦ درصد)	اندازه قطعات (۹۲ درصد)	ناپایداری (۹۲ درصد)	تعداد حریق و حوادث گذشته (۹۱ درصد)
۱	ایستگاه پیشنهادی ٦	٤٥	٥٤٦	خیلی زیاد	۲۰۰۰	۰/۱۰۲٦	٥٤۹/٤۸
۲	ایستگاه پیشنهادی ۷	۱٦	۳٥۰	خیلی زیاد	۱٤۰۰	۰/۰۱۳٤٥	٦٦۹/٥۷
۳	ایستگاه پیشنهادی ٥	۳۰	٦٤	زیاد	٦۰۰۰	۰/۰۱۲۱	٦٤۰/۳۷
٤	ایستگاه پیشنهادی ۸	٤٥	٦۳	زیاد	٦۸۰۰	۰/۰۰۸۹	۳٤۳/٤۱
۱۱	ایستگاه پیشنهادی ۱۱	۱۰	۹۳	کم	۹۸۰	۰/۰۱۲٥	۳٤٦/٥۹

نگاهی کلی به ضریب اهمیت معیارها نشان می‌دهد که ایستگاه پیشنهادی ٦ که رتبه اول را بـه دسـت آورده اسـت، تقریباً از نظر تمامی معیارهای دارای امتیاز بالا، در اولویت قرار دارد، خصوصـاً از نظـر معیـار دسترسـی دارای بیشـتری مقدار عرض معبر است. در مقابل ایستگاه ۱۱ که آخرین رتبه را به دسـت آورده اسـت از نظـر معیـار دسترسـی دارای کمترین مقدار در میان ایستگاه‌های پیشنهادی اسـت. همچنـین بـه دلیـل اسـتقرار ایسـتگاه ۱۱ بـر روی مـرز محـدوده موردبررسی به نسبت همه ایستگاه‌های پیشنهادی دارای کمترین سطح تحت پوشش است و در نتیجه میـزان جمعیـت و تراکم آن نیز کمتر از سایرین است. مجموع این عوامل باعث کسب رتبه آخر این ایستگاه شـده اسـت. ایسـتگاه‌های

موجود در فرآیند رتبه‌بندی دخیل نشده‌اند تا نتایج حاصل از پژوهش بتوانـد بهینگـی محـل اسـتقرار آن‌هـا را ارزیـابی نماید. همانگونه که در شکل (۳) نشان داده شده است ایستگاه ۸۵ آتش‌نشانی تهران در محـدوده ایسـتگاه‌های ۳ و ٤ و ٥ و ٦ و ۷ قرار دارد. این ایستگاه‌ها به ترتیب دارای رتبه‌های ٦ و ۱۰ و ۳ و ۱ و ۲ می‌باشند. این امر نشان مـی‌دهـد کـه ایستگاه ۸۵ در نقطه استقرار مناسبی قرار دارد، چون ایستگاه‌های مجاور آن رتبه‌های برتر را کسـب نموده‌انـد. همچنـین ایستگاه ۸ آتش‌نشانی تهران در محدوده ایستگاه‌های ۱ و ۲ پیشنهادی قرار دارد که این ایسـتگاه‌ها در فرآینـد رتبه‌بنـدی به ترتیب رتبه‌های ۸ و ۹ را بدست آورده‌اند. این موضوع نشان مـی‌دهـد ایسـتگاه ۸ موجـود (واقـع در خیابـان آزادی نبش میمنت) در مکان بهینه استقرار ندارد. این نتایج می‌تواند احداث ایستگاه در مکان بهینه را با رویکـرد تـاب‌آوری از طریق افزایش سرعت پاسخگویی را ارتقاء دهد و حداقل زمان دسترسی به محـل حادثـه از نظـر آتـش نشـانان تـأمین گردد. درنهایت جهت بهبود مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی پیشنهاداتی به شرح زیر می‌توان ارائه نمود:

۱- مکان‌یابی ایستگاه‌های جدید بر اساس ضوابط و معیارهای مکان گزینی.

۲- احداث ایستگاه بر اساس اولویت رتبه‌بندی در محدوده جهت افزایش سرعت پاسخگویی.

۳- انتقال حق توسعه[1] (TDR) در مورد زمین‌هایی که جهت احداث ایستگاه تخصیص می‌یابند.

٤- طبقه تشویقی به مالکین جهت زمین‌های تحت مالکیت وی در هر منطقـه از شـهر جهـت تسـهیل در تصـرف زمین بر اساس اولویت احداث ایستگاه.

کتابنامه

آذر، عادل؛ ۱۳۹٦. *تصمیم‌گیری کابردی* (رویکرد **MADM**). نگاه دانش.

آئین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله؛ ۱۳۹۳. مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهر سازی.

آیین کار ضوابط مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهری (استاندارد ٦٤۳۰)؛ ۱۳۸۰. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

اجزاء شکوهی، محمد؛ شایان، حمید؛ درودی، محمد هادی؛ ۱۳۹۳. مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر مشهد. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره پیاپی ۱۱، ۱۰۷-۱۲۷.

اصغر پور، محمد جواد؛ ۱۳۹٤. *تصمیم‌گیری‌های چند معیاره*. انتشارات دانشگاه تهران.

ایمانی جاجرمی، حسین؛ ۱۳۷٥. *مطالعه‌ای در باب ایجاد سازمان‌های مرکزی آتش‌نشانی کشور*. انتشارات مرکز مطالعات برنامه ریزی شهری.

بوزرجمهری، خدیجه، جوانی، خدیجه، کاتبی، مجید رضا؛ ۱۳۹٤. مکان‌یابی بهینه پایگاه اسکان موقت در مدیریت بحران نواحی روستایی (نمونه موردمطالعه: بخش مرکزی شهرستان فاروج). *جغرافیا و مخاطرات طبیعی*. شماره پیاپی ۱٦، ۱-۱۹.

1 Transfer of Development Rights

پاپلی یزدی، محمد حسین؛ رجبی سناجردی، حسین؛ ۱۳۸۹. *نظریه‌های شهر و پیرامون*. انتشارات سمت.
حیدری، احمد؛ جودکی، حمید رضا؛ ۱۳۹۸. بررسی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در بافت فرسوده شهرها، مطالعه موردی بافت فرسوده شهر تهران. *فصلنامه مطالعات شهر ایرانی اسلامی*. شماره ۳۸، ۷۵–۸۵.
زبردست، اسفندیار؛ خلیلی، احمد؛ دهقانی، مصطفی؛ ۱۳۹۲. کاربرد روش تحلیل عاملی در شناسایی بافت‌های فرسوده شهری. *نشریه هنرهای زیبا*، معماری و شهر سازی. شماره ۲، ۲۷–۴۲.
زنگی آبادی، علی؛ محمدی، جمال؛ صفایی، همایون؛ قائد رحمتی، صفر؛ ۱۳۸۷. تحلیل شاخص‌های آسیب پذیری مساکن شهری در برابر زلزله (نمونه موردی: مساکن شهر اصفهان). *فصلنامه جغرافیا و توسعه*. شماره پیاپی ۱۲، ۶۱–۷۹.
سرشماری نفوس و مسکن، گزارش سرشماری نفوس و مسکن؛ ۱۳۹۵. مرکز آمار ایران.
شیری، فاطمه؛ شمس، مجید؛ ۱۳۹۵. عوامل مؤثر بر مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با بهره گیری از تکنیک تحلیل خوشه‌ای. *فصلنامه آمایش محیط*. شماره ۳۳، ۱۱۳–۱۳۲.
عطایی، محمد؛ ۱۳۹٤. *تصمیم‌گیری چند معیاره فازی*. انتشارات دانشگاه شاهرود.
فقهی فرهمند، ناصر؛ حاجی کریمی، بابک؛ ۱۳۸۹. مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه TOPSIS و SAW و انتخاب مکان بهینه با استفاده از روش بردا (شهر صنعتی البرز قزوین). *فصلنامه مطالعات کمی در مدیریت*. شماره ۳. ۵۳–٦۷.
قرایی، فریبا؛ مثنوی، محمد رضا؛ حاجی بنده، مونا؛ ۱۳۹٦. بسط شاخص‌های کلیدی سنجش تاب‌آوری مکانی–فضایی شهری؛ مرور فشرده ادبیات نظری. *باغ نظر*. شماره ۵۷، ۱۹–۳۲.
معمارزاده، روح‌الله؛ ۱۳۹۸. مصاحبه با کارشناسان آتش‌نشانی تهران.
کلانتری، خلیل؛ ۱۳۹۱. *مدل‌های کمی در برنامه ریزی* (منطقه‌ای، شهری و روستایی). فرهنگ صبا.
معمارزاده، روح‌الله؛ حسین زاده لطفی، فرهاد؛ جهانشاهلو، لعلا؛ دهقان توران پشتی، عاطفه؛ ۱۳۹۹. رتبه‌بندی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از دنباله فیبوناچی (مورد پژوهی: منطقه ده تهران). *مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن* (پذیرش مقاله).

Ebrahimi, M., Mirzayi Modam M., 2016. Selecting the best zones to add new emergency services based on a hybrid fuzzy MADM method: A case study for Tehran. Safety Science (Science Direct). 67-76.
Hosseinzadeh Lotfi F., Fallahnejad R., 2010. Imprecise Shannon's Entropy and Multi Attribute Decision Making. Entropy. 53-62.
http://region10.tehran.ir.
Kanoun I., Chabchoub H., Belaid A., 2010. Goal Programming Model for Fire and Emergency Service Facilities Site Selection. Taylor & Francis. 143-153.
Pérez J., Maldonado S., Marianov V., 2015. A reconfiguration of fire station and fleet locations for the Santiago Fire Department. International Journal of Production Research. 1-17.

Rose, K., 2007. Theory and pragmatism in locating emergency services. Taylor & Francis. 247-254.

Zanjirani Farahani, R., Steadie Seifi, M., Asgari, N., 2010. Multiple criteria facility location problems: A survey. 34: 1689-1709.